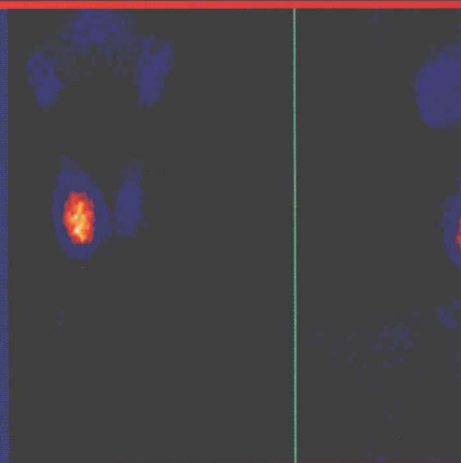


骨科疾病 核医学诊断图集

DIAGNOSTIC IMAGING ORTHOPEDIC
NUCLEAR MEDICINE



主编 / 彭京京

Editor in Chief Peng Jingjing



人民卫生出版社
PEOPLE'S MEDICAL PUBLISHING HOUSE

骨科疾病 核医学诊断图集

DIAGNOSTIC IMAGING ORTHOPEDIC
NUCLEAR MEDICINE



 人民卫生出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

骨科疾病核医学诊断图集/彭京京主编. —北京:
人民卫生出版社, 2010. 9

ISBN 978-7-117-13047-9

I. ①骨… II. ①彭… III. ①骨疾病-放射诊断-
图集 IV. ①R816.8-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 094688 号

门户网: www.pmph.com	出版物查询、网上书店
卫人网: www.ipmph.com	护士、医师、药师、中医 师、卫生资格考试培训

版权所有, 侵权必究!

骨科疾病核医学诊断图集

主 编: 彭京京

出版发行: 人民卫生出版社 (中继线 010-59780011)

地 址: 北京市朝阳区潘家园南里 19 号

邮 编: 100021

E-mail: pmph@pmph.com

购书热线: 010-67605754 010-65264830

010-59787586 010-59787592

印 刷: 中国农业出版社印刷厂

经 销: 新华书店

开 本: 889×1194 1/16 印张: 13.5

字 数: 412 千字

版 次: 2010 年 9 月第 1 版 2010 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 978-7-117-13047-9/R·13048

定 价: 92.00 元

打击盗版举报电话: 010-59787491 E-mail: WQ@pmph.com

(凡属印装质量问题请与本社销售中心联系退换)



主编/彭京京

主编简介

彭京京 1982年毕业于北京医学院医疗系，现任北京积水潭医院核医学科主任，主任医师。从事临床核医学工作26年，在医疗实践中，继承和发扬了积水潭医院的科研精神，运用新设备、新方法全心全意为病人解决实际问题，使全身骨扫描这一传统项目拓展出新的临床经验。通过医疗实践的反复积累和领悟，总结出甲状旁腺瘤代谢性骨病、转移性骨肿瘤、多发性骨髓瘤、骨关节病等多种骨骼疾病的图像特征和诊断规律，为许多骨痛、病理性骨折反复求医而未能确诊的患者指明了诊治的专业方向。工作效果得到患者的赞誉和各学科医师的认可。

参与院、市、部级科研课题“骨与关节疾病的核医学诊治研究——疑难重症攻关”、“骨肉瘤综合治疗的基础与临床研究”、“骨科核医学”的研究，担任北京大学医学部5年制本科生、8年制研究生核医学系统课的授课工作，1995年、2000年、2009年三次被评为北京医科大学和北京大学医学部优秀教师；1997年获北京市科学技术进步奖一项。自2001—2005年连续5年应邀在卫生部国家级医学继续教育骨显像新进展课程中介绍北京积水潭医院核医学科丰富的临床经验，推向全国；2006年为《好医生》远程教育编著骨科核医学新技术、新疗法的教程；2007—2009年受聘于中华医学会继续教育部对全国的核医学专科医师进行培训。

先后发表骨科和医学临床研究论文十余篇。其中，《膝关节骨性关节炎的放射性核素显像》获1990年北京市科协青年优秀论文奖。代表性论文有：“放射性核素显像在骨肉瘤诊断中的应用”、“ ^{99m}Tc -MDP骨显像诊断甲状旁腺瘤”

“骨科核医学的临床应用进展”和“核医学影像在骨折诊断中的应用”，指导临床为各种以骨痛和病理性骨折为首发症状来骨科就诊的患者做出准确的诊断和及时的治疗。参编《临床骨科学》、《积水潭实用骨科学》、《骨科肿瘤学》、《中华影像医学 影像核医学卷》、《骨质疏松症防治指南》等专著；主译《骨科核医学》。

在任核医学科主任15年的管理工作中，根据专业特点，创造出一套切实可行的科学管理方法，制定了规范化的工作制度，保证医疗安全和诊断的准确性，经实践检验，效果显著，在中华医学会大型设备上岗医生培训中得到推广。

前言

骨科分子影像学是基于核医学影像、磁共振等现代医学影像发展形成的一门新学科,特别是随着综合国力的提高和医学技术的进步,为患者的诊治与康复做出了重要的贡献。《骨科疾病核医学诊断图集》一书旨在为医学生和专科医师提供全面而清楚的骨科核医学分子影像的最新知识,与以往教科书的不同特点在于实践性强、实用性强、侧重图像和临床病例,可帮助临床医师理解骨科分子影像学的内涵与实质,学会骨科核医学影像的诊断与应用。

北京积水潭医院是一所大型现代化综合医院,骨科特色鲜明,创伤、脊柱、矫形、手外、肿瘤、运动医学和小儿骨科等七个骨科专业的临床与研究作为骨科核医学理论与实践的发展建立了知识平台。

医院骨科的高水平对核医学临床工作提出了高要求,因为全国各地慕名来骨科会诊的患者,多数是以骨痛或病理性骨折为首发症状,有骨扫描发现异常的患者,也有CT、MRI发现问题未能明确诊断的疑难患者,真正的病因是什么?骨转移癌、还是甲状旁腺瘤、代谢性骨病、原发性骨肿瘤、多发性骨髓瘤、骨关节病、横纹肌溶解症、骨血管内皮瘤——医生需要尽快、准确地回答,并给予诊断。

北京积水潭医院在20世纪80年代初购置了伽玛照相机,开始骨科核医学临床工作,又先后引进了大型设备SPECT和符合线路SPECT/CT,开展全身骨扫描、三时相动态骨显像、骨断层显像和FDG-PET新技术,学习国内外先进经验,博览众家之长;在实际工作中,我们通过对骨科核医学影像阅片和临床分析,既可对疾病做出准确的处理诊断,如拟诊为多发性骨髓瘤的患者到血液内科确诊治疗,诊断为甲旁亢代谢性骨病的患者到外科手术切除甲状旁腺瘤、在内分泌科综合治疗,诊断为关节问题的患者到免疫风湿科或骨矫形科,良、恶性骨病在矫形、骨肿瘤或小儿骨科治疗;更可使没有严重问题的患者去除了思想负担,愉快地生活。骨科核医学的应用不仅为患者排忧解难,争取到宝贵的治疗时间,也为医疗资源的有效使用提供了准确的路径,力求经济效益与社会效益最优化。

《骨科疾病核医学诊断图集》将20多年的医疗实践总结上升到理论,结合解剖、生理和病理基础,详述了骨痛、病理性骨折的病因诊断,汇集了良、恶性骨病的鉴别诊断方面积累的丰富经验和骨科核医学的研究成果,特别是骨科分子影像的原理和应用,对所有追求医学科学、与时俱进的医生都将有所启迪。全书共分五章,共十九节。主要包括骨科核医学基础、全身正常骨显像与疾病的影像特征、肿瘤性疾病、非肿瘤性疾病和骨科核医学临床规范化目标管理等内容。第一章是骨科核医学基础理论与规范化工作程序;第二章介绍了骨科核医学影像的基本知识和诊断技能;第三、四章是临床实践,以病例介绍的方式,展示了61个病种的110个病例:首先从症状体征入手,介绍简要病史;接下来是201幅典型核医学影像展示和影像特点;最后分析总结:结合诊断治疗后的随访,全面介绍各种

疾病的临床情况、发病年龄、好发部位，以及相关X线、CT及MRI等影像特点，着重阐明核医学影像的异常表现及其在疾病诊断中的应用；第五章归纳了前四章骨科核医学理论与实践发展的核心内容，以思考提纲的形式，提出了对住院医师的规范化管理目标。医学院校教师可围绕这些内容，加强骨科核医学的临床实践，帮助住院医师和主治医师通过学习、思考与自测，认识骨科分子影像的实质，有助于诊断水平的提高和临床的正确思维。

书中的110个病例、201幅图像都是北京积水潭医院年轻的医生近10年来接诊、诊断、随访，并经组织病理学证实的病案实例，记录着医学本科毕业后的青年医生进步与成长的过程。通过对一个个病例的阅片与思考，可以使各专业的医生领悟到核医学在疾病诊断中的重要作用，扩展骨骼疾病或全身性疾病在骨骼表现的诊断思维，帮助多学科的临床医生认识骨科疾病的核医学应用，准确诊断和及时治疗疑难病例，让患者充分享受到社会进步和医学发展带来的好处。

骨科核医学所涉及内容不仅限于骨科疾病，外科的甲状旁腺瘤、内科的肾性骨病、血液科的骨髓瘤、肿瘤科的原发或转移性骨肿瘤，儿童的发育异常与先天遗传性疾病、内分泌代谢性骨病，都出现在骨科临床实践中，因此，强调用系统科学的思想指导对骨科分子影像的认识。本书深入浅出，将诊治疾病的丰富病案奉献给读者，其中还包括很多少见疾病的特征性影像。

本书读者对象为致力于骨科疾病诊断和治疗的医生，包括医学影像科、核医学科、内科、外科、儿科及其他相关学科的临床医生。

本书体现了北京积水潭医院骨科、外科、内科、影像科等多学科专家20年来的心血结晶和珍贵的医疗实践经验。骨科核医学发展对骨关节疾病临床诊治水平提升的促进作用，受到北京积水潭医院前辈、中国工程院王澍寰院士的肯定和赞扬，他为此书欣然题词：“大力发掘核医学潜力，不断提高临床诊疗水平”，以激励我们不断攀登医学科学的高峰。为此我们表示深深的感谢！在这里还要特别感谢骨科前辈荣国威教授对全书的指导，感谢骨科副主任医师丁易对初审稿件与图像的精心审阅和设计，感谢核医学科全体工作人员长期的支持与工作配合。限于日常医疗工作的繁忙，历经数年才整理完成的《骨科疾病核医学诊断图集》一书或许还存在若干不足与遗憾，敬请读者不吝赐教。

彭京京

2010年2月

目 录

第一章 骨科分子影像学基础	1
第一节 骨骼系统解剖与生理基础	1
一、骨的解剖与生理	1
二、关节的解剖与生理	3
第二节 骨显像概述	4
一、显像设备与方法	4
二、骨科分子影像学的新概念	4
三、显像剂	5
四、骨显像的主要适应证	6
五、骨显像程序与注意事项	7
六、骨显像报告书写	8
七、骨显像与其他影像学检查	9
第二章 全身骨显像正常影像与疾病特征	11
第一节 成年人正常骨显像	11
一、正常成人全身骨显像表现	11
二、正常变异	11
三、影响骨显像图像质量的常见因素	12
第二节 不同年龄儿童骨显像(1~14岁)	12
第三节 骨显像异常表现	19
一、基本表现	19
二、特征性异常表现	20
第三章 肿瘤性疾病	21
第一节 原发性骨肿瘤	21
一、骨软骨瘤	21
二、多发性遗传性骨软骨瘤(骨干续连症)	23
三、多发内生软骨瘤病(Ollier病)	27
四、软骨母细胞瘤	29
五、软骨黏液样纤维瘤	30
六、软骨肉瘤	31
七、骨样骨瘤	34
八、骨肉瘤	35
九、硬纤维瘤	45
十、恶性纤维组织细胞瘤	48
十一、Ewing肉瘤/原始神经外胚层瘤	52
十二、多发性骨髓瘤	55
十三、恶性淋巴瘤	61

十四、骨巨细胞瘤	65
十五、脊索瘤	69
十六、骨血管瘤	72
十七、血管内皮瘤	76
十八、骨溶解症	78
十九、造釉细胞瘤	80
第二节 转移性骨肿瘤	81
一、骨转移超级影像	82
二、乳腺癌骨转移	83
三、前列腺癌骨转移	84
四、肺癌骨转移	86
五、食管癌骨转移	88
六、鼻咽癌骨转移	89
七、肝癌骨转移	89
八、甲状腺癌骨转移	90
九、肾癌骨转移	93
十、骨转移瘤与退行性改变的鉴别	94
十一、骨转移瘤原发病灶的探查	99
第三节 类肿瘤疾病	102
一、动脉瘤样骨囊肿	102
二、单纯性骨囊肿	105
三、骨纤维结构不良	107
四、骨性纤维结构不良	110
五、骨的嗜酸性肉芽肿	111
六、非骨化性纤维瘤	114
第四章 非肿瘤性骨病	118
第一节 骨先天性疾病	118
一、多发骨骺发育不良	118
二、石骨症	120
第二节 骨循环性疾病	121
一、股骨头缺血性坏死	121
二、膝关节骨坏死	125
第三节 骨代谢性疾病	127
一、骨质疏松症	127
二、甲状旁腺功能亢进	129
三、肾性骨病	136
四、肾性骨病伴转移性钙化	140
五、骨软化症/佝偻病	143
六、畸形性骨炎(Paget 病)	146
七、骨蜡油病	148
第四节 骨创伤性疾病	149
一、骨化性肌炎(异位骨化)	149
二、半月板损伤	153

三、疲劳骨折	158
四、功能不全性骨折	160
五、股骨颈骨折的血供评价	162
六、新鲜骨折与陈旧骨折	165
第五节 关节疾病	166
一、色素沉着绒毛结节性滑膜炎	166
二、骨性关节炎	169
三、痛风性关节炎	170
四、类风湿性关节炎	172
五、强直性脊柱炎	174
六、肥大性肺性骨关节病	179
七、人工全髋置换术后关节松动	180
八、人工全髋置换术后关节周围感染	182
第五章 骨科核医学临床规范化管理目标	185
第一节 骨科分子影像学临床基础	185
一、解剖生理基础与骨关节疾病	185
二、骨显像的特点、原理、设备和方法	186
三、骨科核医学医生的工作制度	187
四、用于骨关节疾病的其他核医学显像方法	187
五、骨科核医学影像与其他医学影像技术的关系	187
第二节 骨肿瘤的影像诊断	187
一、转移性骨肿瘤	187
二、原发性骨肿瘤和良性骨病	193
第三节 非肿瘤性骨病的核医学应用	194
一、代谢性骨病	194
二、骨创伤	194
三、假体松动与感染	195
四、炎症与感染	195
五、缺血性骨坏死	195
六、骨关节病	195
第四节 骨科核医学在儿童的影像特点和应用	197
第五节 多发转移性骨肿瘤的氯化锶治疗	197
第六节 影像医学住院医师规范化培训心得	197
一、为患者服务,从点滴小事做起	197
二、全身骨扫描对甲状旁腺功能亢进的诊断经验和体会	198
参考文献	200

骨科分子影像学基础

第一节 骨骼系统解剖与生理基础

一、骨的解剖与生理

(一) 骨的解剖

骨科核医学理论发展的新思想基于对骨骼解剖与生理基础进展的新认识,正常成人的骨骼结构可以从四个方面加以归纳:大体水平、组织水平、细胞水平、分子水平。

1. 大体水平(gross level) 根据骨骼的大体结构可将其分为中轴骨和附肢骨(图 1-1)。中轴骨包括颅骨、脊柱和胸廓(肋骨和胸骨);附肢骨包括四肢骨、骨盆带和肩带(锁骨和肩胛骨)。

2. 组织水平(tissue level) 骨组织形式分为两种:密质骨(皮质骨)和松质骨(小梁骨)(图 1-2)。在成熟骨骼中,密质骨形成外层(骨质),包绕着内层含有骨髓的疏松小梁状松质骨。

密质骨结构按照哈弗氏系统排列(图 1-2)。密质骨构成骨质的 80%,包含 99% 的人体总钙和 90% 的磷酸盐;松质骨内含有产生血细胞的造血细胞、脂肪和血管。骨小梁内储存造血细胞和许多血细胞,其转换速率约为皮质骨的 8 倍。

附肢骨主要由皮质骨构成。皮质骨在长骨的干骺端和骨骺处变薄。干骺端的血液供应丰富,含有血流缓慢的大血窦。脊柱的椎体主要由松质骨构成,终板与后突主要由密质骨构成。

3. 细胞水平(cellular level) 骨骼中有三种类型的细胞:成骨细胞、骨细胞和破骨细胞。产生有机成分的成骨细胞,来源于间叶组织。产生无机成分的骨细胞,由成骨细胞矿化而来。作用于骨吸收的破骨细胞来源于造血系统。正常骨可不断地发生骨的生成、矿化和吸收,称为骨的更新。成骨细胞和破骨细胞分别具有产生新骨和破坏骨质的功能,在骨的发生、塑形、修复时,其功能最活跃。

4. 分子水平(molecular level) 骨基质主要包括有机成分(约占 35%)和无机成分(约占 65%)。有机成分由胶原蛋白和糖蛋白构成;无

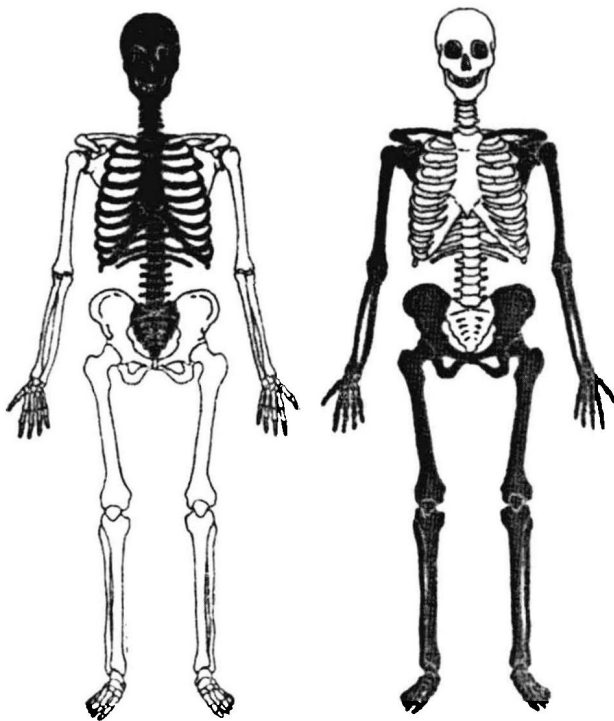


图 1-1 骨骼的大体构成,中轴骨与附肢骨
(引自:Abdelhamid H. Elgazzar, Orthopedic Nuclear Medicine, Springer, 2004)

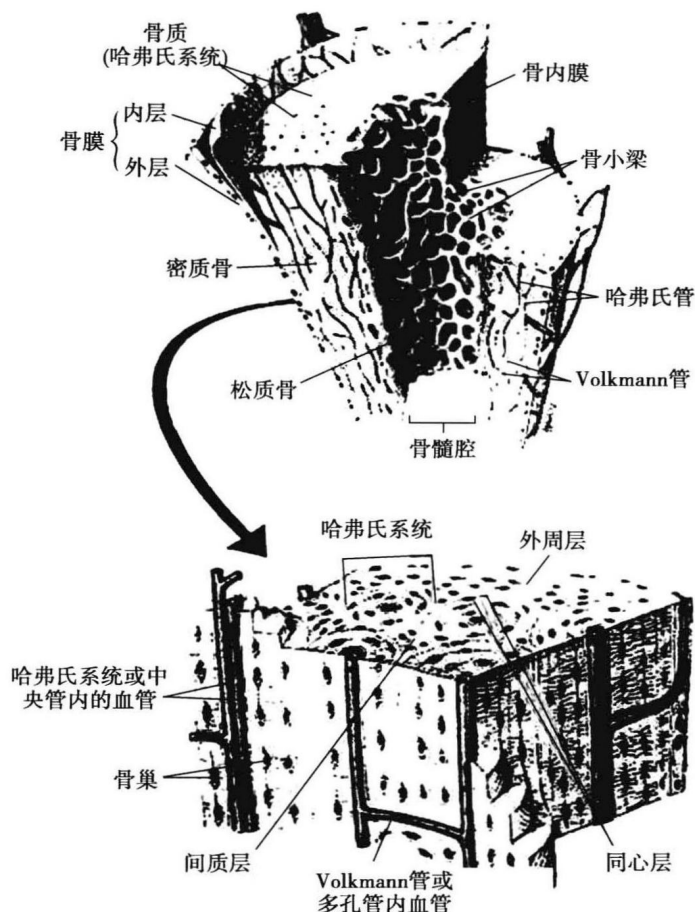


图 1-2 骨骼的组织结构及哈弗氏系统

(引自: Abdelhamid H. Elgazzar, Orthopedic Nuclear Medicine, Springer, 2004)

机成分主要有羟基磷灰石、阳离子(钙、镁、钠、钾和锶)和阴离子(氟化物、磷和氯化物)。无机基质中钙提供骨骼硬度和抗压强度,有机成分中的胶原纤维提供支撑和张。矿物质中主要成分羟基磷灰石是趋骨性二磷酸盐放射性药物摄取的靶点。表 1-1 归纳了骨骼的主要成分及其功能。

表 1-1 骨骼的结构及其功能

主要结构	功 能	主要结构	功 能
骨骼细胞		涎蛋白	促进钙化过程
成骨细胞	产生骨骼的胶原蛋白和多糖	游离钙	抑制钙/磷沉积,促进骨骼重吸收
骨细胞	产生骨基质	层连蛋白	稳定骨骼基底膜
破骨细胞	重吸收骨,辅助维持矿物质的动态平衡	钙调蛋白	将钙结合到骨骼
骨骼基质		白蛋白	向基质转运必需的物质
有机基质		无机基质	
胶原纤维	提供支撑和张	钙	提供硬度和抗压强度
蛋白多糖	控制离子通过基质转运	磷酸盐	调节维生素 D,促进矿化过程

5. 单个骨骼的特征 熟悉各个骨骼的解剖特征是正确解释骨显像并与其他影像手段相结合的先决条件。骨骼大体上可以分为四种类型,即长骨、短骨、扁平骨和不规则骨。

长骨包括股骨、胫骨、腓骨、肱骨、桡骨和尺骨。长骨由骺、干骺端和骨干组成。短骨包括跗骨、掌骨和指(趾)骨。扁平骨包括肋骨和胸骨。不规则骨包括椎骨、盆骨和颅骨。

骨膜是一层纤维薄膜,覆盖于骨的表面,富含成骨细胞。类似的薄膜将长骨的骨髓腔与皮质骨分隔开来,称为骨内膜。了解手、足部骨骼和全身其他主要骨骼的特点,可以指导影像医师较快地理解影像异常,并有助于各种疾病的鉴别。在影像解释时如果有骨骼模型也有助于对骨显像上异常病灶的定位。对影像上的病灶进行定位时应使用规范的描述性术语。

(二) 骨的生理

骨骼是一种坚硬的结缔组织,为身体的重要器官和组织提供支持和保护。在颅骨、椎骨和肋骨中,由于骨髓腔内含有骨髓,骨骼还具有造血功能。而且,骨骼对体内矿物质的动态平衡也具有重要作用。

1. 骨骼的血液供应 骨骼的血液供应随年龄不同而变化。儿童存在骨骺、干骺端和骨干血管,成人各种血管相互交通。成人的营养动脉和骨膜动脉形成丰富的血管网供应皮质和骨髓。这种脉管系统将毛细血管、血窦和静脉与血窦之间的造血部位相互连接。含有骨髓的松质骨比皮质骨的血流量约高 5 ~ 13 倍。

2. 骨代谢 在细胞水平上,骨骼在连续重塑过程中,细胞经历着复杂的反应和动态变化,从而使旧骨被移除,由新骨替代。骨骼的重塑过程包括骨骼的移除和更新,在不同部位以不同的速度贯穿终生。成年人每年约有 18% 的骨骼被更新,意味着骨骼每 5 年更新 1 次。这一过程在松质骨更为活跃,每年更新约为 25% ,而密致骨约为 2% 。

骨骼的重塑通过甲状旁腺素、维生素 D 和生长激素等因素调节。在甲状旁腺素、维生素 D 和生长激素等因素的调节下,正常骨骼的重塑循环过程极为规律,维持正常健康人体吸收的骨量与新形成的骨量相等。在一些情况下,如机械外力、骨骼代谢性疾病或代谢、营养障碍,这一平衡就会受到破坏。某些疾病以加快骨骼重塑为特点,为高转换性疾病,可以影响全身或单个骨骼。例如肾性骨营养不良、甲状旁腺功能亢进和畸形性骨炎,在这组疾病中成骨细胞和破骨细胞的活性都增加,但在肾性骨营养不良和甲状旁腺功能亢进病人新形成的骨量少于清除的骨量,而畸形性骨炎活跃的溶骨后期,成骨细胞的活性超过了破骨细胞的活性。

二、关节的解剖与生理

关节起源于骨骼两端之间的间叶细胞。根据其功能特点和连接组织可以分为几种类型(表 1-2)。间叶细胞在纤维性关节发育为纤维组织,在软骨结合处发育为透明软骨,在联合处发育为纤维软骨组织,在滑膜关节发育为滑膜及其他关节内结构。了解关节及其支持结构(肌腱、筋膜和韧带)的主要特点是正确解释核医学影像的前提。

表 1-2 关节的分类

基础类型	类 型	举 例
连接组织的性质		
纤维性	骨缝 韧带联合 嵌合关节	颅骨 桡骨与月骨 牙齿
软骨性	联合 软骨结合	椎间盘,胸骨柄关节 生长板
滑膜性		骨突关节,一些四肢关节
运动范围		
不动关节(牢固、无滑液) 固定或仅能最低限度活动	纤维性和软骨性	耻骨联合
可动关节(成臼) 可自由活动	滑膜性	膝,肘

滑膜关节被看作是一类特殊的关节,主要见于四肢骨骼,可以自由活动。相对骨骼的关节表面由关节腔分隔,在骨骼两端覆盖有关节软骨,形成关节囊。关节囊的内表面由分泌滑液(来源于丰富的毛细血管网)到关节腔的滑膜构成。滑液是一种黏性液体,对无血管的关节软骨起润滑、营养和缓冲作用。当滑膜区域感染时,细菌的透明质酸酶降低滑液的黏性,作用于关节囊的压力会使人感到疼痛。

第二节 骨显像概述

一、显像设备与方法

放射性核素骨显像(bone scintigraphy)又称发射型计算机断层仪(emission computed tomography,ECT)骨扫描,是一种诊断性的影像检查,它显示人体的骨骼系统对放射性示踪剂 ^{99m}Tc -亚甲基二磷酸盐(^{99m}Tc -MDP)的平面或断层图像的分布情况。

全身骨显像显示的骨骼平面像包括中轴骨和附肢骨的前位与后位图像,根据需要还可以采集显示其他体位的图像。

局部骨显像采集的是骨骼局部的图像,如颅骨、双髋、双膝、双手或双足。

三时相动态骨显像通常包括病变部位的血流显像、血池显像和延迟显像。血流显像是在注射显像剂后连续动态采集的局部平面图像(1~2秒/帧,采集60秒),将病变部位的每一个局部图像叠加,用感兴趣区(region of interest,ROI)软件连接成时间-放射性曲线可用于半定量分析;血池显像是在注射显像剂后5~10分钟采集到的一个或多个部位的静态平面显像,经计算机通用软件处理,可得到病变部位与相应正常对照部位的摄取计数比值T/NT值,以便对病灶进行半定量分析。延迟显像是在注射显像剂后2~5小时采集,可以是局部区域或全身骨扫描,可以是平面或断层显像。如果有必要,如骨髓炎的诊断,还可以在注射显像剂后24小时再做1次延迟显像。

用单光子发射型计算机断层显像仪(single photon emission computed tomography,SPECT)可以得到放射性核素骨显像的三时相动态影像,局部平面影像、断层影像或全身骨显像图以及分析曲线或比值。CT定位的图像融合显像是在局部断层显像的同时(同机)做CT图像,再用特定的计算机技术处理,使CT和SPECT图像融合,以达到观察病变的性质和功能解剖定位的目的。

近年来正电子发射型计算机断层仪(positron emission tomography,PET)的发展为核医学注入了新的活力,它由结构晶体、光电倍增管及多层环形 γ 闪烁探测器组成,一次断层采集可以获得几个甚至十几个断层图像,高精度地显示活体内代谢及生化活动,并提供功能代谢影像和各种定量生理参数,有较高的灵敏度,能用于精确的定量分析。

二、骨科分子影像学的新概念

2007年6月,国际学术界对分子影像的定义达成了共识(满足以下三个条件):

1. 分子影像探测到的是反映分子水平的影像;
2. 分子影像观察的对象是活体(人或动物),附加条件可随时间的变化连续动态观察,可以定量分析;
3. 分子影像是可以用仪器探测到(如PET/MRI等)的影像。

骨科核医学影像的基础研究中, ^{99m}Tc -MDP骨显像的原理是从分子水平反映人体的生理、病理变化,可以用SPECT在体外探测,可以随时间变化连续动态观察,实质上属于分子影像的范畴。临床常用 ^{99m}Tc -MDP骨显像的原理是显像剂注入人体后,主要沉积在由羟基磷灰石晶体和非晶体磷酸钙组成的骨骼无机成分中,吸收机制还包括骨胶原吸附和受体酶吸收;同样,氟化钠NaF-PET骨骼显像也有可能对骨科分子影像的研究与应用中占有重要的地位。

三、显 像 剂

在1964年将 ^{99m}Tc 引入药物之前,曾经使用 ^{85}Sr (^{85}Sr)、 ^{87m}Sr (^{87m}Sr)和 ^{18}F (^{18}F)作为骨显像的放射性药物。首次介绍的 ^{99m}Tc 标记的骨显像剂是由锡还原的 ^{99m}Tc -三磷酸盐,随后还有一些骨骼摄取较高的其他化合物。首先是 ^{99m}Tc -焦磷酸盐,出现于二磷酸盐之前,最终, ^{99m}Tc -亚甲基二磷酸盐(^{99m}Tc -MDP)作为常规骨显像剂。此外, ^{67}Ga (^{67}Ga)-枸橼酸盐、 ^{111}In (^{111}In)或 ^{99m}Tc -HMPAO 标记白细胞、 ^{99m}Tc 胶体、 ^{201}Tl (^{201}Tl)显像、 ^{99m}Tc -MIBI、 ^{18}F -FDG PET 及 ^{99m}Tc 和 ^{111}In 标记的多克隆和单克隆抗体均有介绍。随着PET显像的发展和普及, ^{18}F 在全身骨骼扫描中的应用会越来越多。现在最常用的是二磷酸盐放射性药物。

1. 原理 放射性核素骨显像有别于其他影像学检查的方法,是将一种能够在骨质浓聚的放射性核素及其标记化合物 ^{99m}Tc -亚甲基二磷酸盐(^{99m}Tc -MDP)引入人体,然后用核医学仪器 γ 照相机或ECT(SPECT)在体外显像,其影像可显示出骨骼的形态,反映出血供及代谢情况,并能够定出病变的部位。这样,对各种骨科系统疾病,尤其是骨转移瘤,有早期诊断价值,对良性疾病,如良性骨肿瘤、急性骨髓炎、畸形性骨炎、应力性骨折、代谢性骨病以及许多骨关节疾病都有较高的诊断价值。核素骨显像除了显示骨的形态结构之外,主要是能够提供有关的功能代谢方面的信息,所以放射性核素骨显像是一种简便、安全、灵敏的对骨、关节疾病诊断有价值的显像技术。

2. 常用显像剂 目前, ^{99m}Tc 标记的二磷酸盐是骨扫描最常用的放射性药物(表1-3)。这些显像剂主要沉积于由羟基磷灰石晶体和非晶体磷酸钙组成的骨骼无机成分中(表1-4)。

表 1-3 ^{99m}Tc 标记的二磷酸盐化合物

^{99m}Tc -亚甲基二磷酸盐	^{99m}Tc -MDP	^{99m}Tc -二氧吡啶丙烷二磷酸盐	^{99m}Tc -DPD
^{99m}Tc -羟基亚甲基二磷酸盐	^{99m}Tc -HEDP	^{99m}Tc -二甲氨基二磷酸盐	^{99m}Tc -DMAD
^{99m}Tc -羟基亚甲基二磷酸盐	^{99m}Tc -HDP		

表 1-4 亲骨性二磷酸盐放射性药物的吸收机制

1. 羟基磷灰石吸收
2. 骨胶原吸附
3. 受体酶吸收

临床常用的 ^{99m}Tc -MDP 骨显像的原理主要是通过化学吸附方式与骨骼中的羟基磷灰石晶体表面结合,用ECT在体外探测,骨扫描图像从分子水平反映人体的病理变化,属于分子影像范畴。Francis 等通过体外分析显示, ^{99m}Tc -HMDP、 ^{99m}Tc -MDP、 ^{99m}Tc -HEDP 等不同显像剂之间的骨骼摄取无显著差异。

影响二磷酸盐在骨骼中摄取的因素主要是血流(血流增加与摄取增加相匹配)和摄取效率(骨转换率)。编织骨的病变由于摄取效率增高而显示出摄取增加。调节骨代谢的因素,如甲状旁腺素、维生素D活性等因素也会影响二磷酸盐的摄取(表1-5)。在儿童肋软骨连接处、正常长骨的干骺端和颌面骨可以见到明显的放射性药物摄取。当骨骼成熟后这种摄取消失。总之,骨骼对二磷酸盐的沉积随年龄的增加而减少,特别是在四肢骨。

表 1-5 骨骼摄取 ^{99m}Tc -二磷酸盐的影响因素

血流 摄取率 维生素D	甲状旁腺激素 皮质类固醇 骨内组织压力	毛细血管渗透性 酸平衡 交感神经活性
-------------------	---------------------------	--------------------------

3. ^{99m}Tc -二磷酸盐的制备和使用 ^{99m}Tc -二磷酸盐的常规应用应该在制备后2小时之内,最多不超过6小时使用,因其会由于氧化-还原过程而随时间分解,导致过多游离高锝酸盐产生,引起甲状腺、唾液腺和消化道黏膜的摄取,造成医师阅片诊断的干扰。

4. 用药活度剂量 表1-6总结了不同年龄的建议剂量和显像时间。为获得满意的骨扫描图像,所需注射的活度剂量取决于一些因素,其中最重要的是患者的年龄;30岁以下的患者可以注射600MBq(约

15mCi), 30 ~ 50 岁的患者注射 750MBq(约 20mCi), 而 50 岁以上的患者可注射 900MBq(约 25mCi)。儿童给药活度通常根据患者的年龄或体重进行调整。根据年龄可以大致估算给药活度, 方法较为简便, 计算公式如下:

$$\text{儿童用药活度} = \frac{(X+1)}{(X+7)} \times A \quad (X: \text{儿童年龄}, A: \text{成人用量 } 20\text{mCi})$$

根据儿童体重和体表面积可以更为精确的计算给药活度, 不同体重或体表面积患儿的用药剂量为成人剂量乘以相应的系数, 详见表 1-7。患儿越小, 给予的活度计量越低, 在注射与影像采集之间的时间越短。

表 1-6 ^{99m}Tc -二磷酸盐根据患者年龄的注射活度剂量和显像时间

年 龄	^{99m}Tc -二磷酸盐活度	注射后显像时间
儿童	根据体重(计算公式)	1.5 ~ 2 小时
成人		
30 岁以下	15mCi	2 小时, 如果病变在四肢则为 4 小时
30 ~ 50 岁	20mCi	3 小时
50 岁以上	25mCi	4 小时

表 1-7 不同体重和体表面积儿童患者用药剂量计算

体重(kg)	体表面积(m^2)	系 数	体重(kg)	体表面积(m^2)	系 数
3	0.20	0.12	30	0.99	0.58
6	0.32	0.19	40	1.21	0.71
10	0.46	0.27	50	1.41	0.83
20	0.75	0.44	65	1.70	1.00

四、骨显像的主要适应证

1. 恶性肿瘤患者, 为明确有无骨转移, 以帮助疾病分期和确定治疗方案。
2. 观察已知有骨转移的肿瘤患者有无未知的骨转移灶。
3. 为组织学诊断, 选择骨活检区。
4. 放射性核素治疗病人的选择和放射治疗照射野的确定。
5. 炎症性骨病的诊断。
6. 血循环障碍性疾病的诊断。
7. 代谢性、内分泌性和先天性骨病的诊断。
8. 运动损伤, 应力性骨折和隐性骨折。
9. 椎体压缩性骨折的诊断、区分新鲜与陈旧性骨折。
10. 观察骨折是否为病理性骨折, 原因探寻。
11. 骨关节疾病的诊断。
12. 软组织钙化的诊断, 异位钙化成熟度的评估。
13. 观察移植骨的血供和成骨活性。
14. 评价骨病治疗后的疗效。
15. 骨痛与病理性骨折的诊断与鉴别诊断。

五、骨显像程序与注意事项

(一) 骨显像程序

1. 病人准备 在 ECT 检查之前,医生需向病人说明所做项目的合理性。护士要向病人解释相关细节、注意事项。注射显像剂后、在做延迟显像之前,病人应饮水 1000ml 以充分水化,使图像清晰。做好儿童的镇静和疼痛病人的镇痛,以保证患者在检查过程中维持固定的体位。

2. 医生需了解的病人信息 获得相关临床资料的重要性——了解病人做核素骨骼显像的检查目的、病史、治疗史和相关实验室检查的结果。确定 ECT 检查的目的和项目,明确每个骨显像病例需要解决的临床问题,为影像结果的分析、解释提供充足的证据。主要采集内容包括:

(1) 既往病史(骨折、外伤、骨感染、关节炎、肿瘤、代谢性骨病或局部功能受限等情况)以及目前的症状、体征;

(2) 以前做的骨显像结果;

(3) 最近的其他种类核素诊治情况,如 ¹³¹I、⁶⁷Ga、¹¹¹In 和 ⁸⁹Sr 等;

(4) 其他影像检查结果,如常规 X 线、CT 和 MRI;

(5) 可能影响骨显像的治疗史:类固醇类药物、抗生素、放疗、化疗、二磷酸盐、甘油酸类药物、铁剂治疗等;

(6) 手术史:骨科手术、关节置换、局部修补术、植入术和非骨科手术,如膀胱的引流管道等等,都可能会影响到骨显像的结果;

(7) 相关的实验室检查结果(如骨痛病人的血钙、血磷、碱性磷酸酶和免疫球蛋白等);

(8) 肾脏功能异常和手术病史。

采集结束后,医生对骨显像图所不能解释的问题补充向病人提问。对孕妇的择期骨显像应尽量推迟,如果条件许可,哺乳应在注射显像剂 24 小时后进行。病史和体检等临床资料至关重要,与放射科阅片有所不同的是,骨科核医学的诊断有赖于病史体检和正确接诊,缺乏详细的临床资料就无法充分解释骨扫描的异常。表 1-8 列出了与病史相关的图像解读。

表 1-8 患者病史的重要信息与骨扫描图像解释的对应关系

信 息	原 因
创伤史、手术史、体内有金属异物	解释异常摄取,避免与当前的疾病相混淆
左利手还是右利手	解释肩关节摄取不对称的变异,避免误诊
职业和体育活动	解释关节摄取等表现,有助于诊断跑步者或芭蕾舞演员的疲劳骨折等情况
类固醇、二磷酸和类似药物的治疗	摄取普遍减低
肿瘤史	有助于解释某些表现,如营养不良性钙化
患者肥胖体质	解释某些臀部肥胖患者的组织衰减
化疗的时间	解释闪耀现象
放疗的时间	解释早期的闪耀和晚期的冷区病灶,以避免误诊
以前的影像检查	与骨扫描相对比,解释疾病的变化过程
怀孕和分娩	决定能否进行检查,解释产后骨盆分离

3. 注射显像剂与图像采集 静脉注射显像剂 ^{99m}Tc 标记的微量放射性药物亚甲基二磷酸盐(^{99m}Tc-MDP),放射性活度成年人为 600 ~ 900MBq (15 ~ 25mCi),小儿为 9 ~ 11MBq/kg (250 ~ 300μCi/kg)。图像采集必须保证足够的采集计数和病变的准确定位。对病人的基本要求是在接受检查期间保持体位固定不动。

(二) 注意事项

核素骨显像是一种安全的检查手段。SPECT/CT 检查的病人在注射显像剂后饮水 1000ml, 以便于得到清晰的图像。检查前排空膀胱, 由于显像剂从尿中排泄, 应注意避免污染衣裤, 导致伪影出现。检查时应摘除身上的金属物。做 PET/CT 检查的病人不但要求医生熟悉病情, 采集病史, 做临床资料的详细登记, 还要测量血压、脉搏、体重、身高、血糖等。怀孕及哺乳期妇女尽量避免 PET/CT 检查。核医学科要建立医生接诊制度, 诊断要由经过培训、有经验的医生阅片, 结合病史全面分析影像特征, 回答临床需要解决的问题, 做出正确的诊断。

六、骨显像报告书写

显像结果评价与报告是最为关键的诊断环节, 根据每个病人做 ECT 影像检查的目的, 正确解读和评价显像结果至关重要, 也是核医学影像医生与临床医生沟通和医疗水平的集中体现。

为了确保正确的影像解释, 对图像进行正确的描述与适当的影像采集同样重要。首先应熟悉各年龄组骨骼影像的正常表现和正常变异、干扰因素, 在异常图像中观察显像剂摄取增加(或减低)是局灶性还是弥漫性的, 从图像表现分析病理的改变(表 1-9), 结合病史、体检结果、实验室检查和其他影像资料, 尽量缩小鉴别诊断的范围, 如果鉴别诊断很多, 尽可能推荐更进一步、更明确的诊断方向。

表 1-9 骨扫描与病理的相关性

病理类型	骨扫描表现
血管分布增加	血流与血池活性增加
血管生成	血池活性增加
成骨反应	摄取增加
骨破坏(梗死, 快速生长的肿瘤)	冷区
大的破坏区, 边缘伴有新骨形成	炸面圈征
Paget 病, 某些原发或转移性肿瘤	骨膨胀
关节炎, 反射性交感神经营养不良	关节周围摄取增加
骨的破坏与生成相平衡	接近正常表现

对于治疗过程中的随访病人, 应与以前的显像结果相对比, 如果局部范围有弥漫性均匀的摄取增加, 应注意是否与近期的放疗照射有关; 病灶数增多或摄取增高的范围较治疗前扩大, 一种情况是病情的加重进展, 另一种可能就是治疗中出现的闪耀现象(flare pattern on bone scan), 经过成功的治疗图像可随之得到改善。必须结合治疗的情况加以区别和解释。

导致骨显像影像分析出现误差的因素:

(一) 与病史及体检有关的因素

患者的详细病史和体检对于骨扫描的正确解释至关重要。许多研究显示临床信息对于提高读片准确性的价值。如果读片的医生不了解既往骨折或感染病史, 则会导致误诊。

(二) 与患者有关的因素

与患者相关的因素可以导致影像误差, 包括年龄、体质、基础疾病、治疗、饮水情况及检查过程中不合作(如患者移动)。在检查过程中需要全面了解患者的治疗经过, 建立良好的医患关系, 向病人清楚地解释所需要的准备和步骤以确保其合作。

(三) 与放射性药物有关的因素

制备过程中将氧气导入包装会造成氧化, 从而使游离^{99m}Tc 增加。在制备后几小时, 尤其是 6 小时以上使用注射液同样也会导致游离^{99m}Tc 增加的问题。在上述两种情况下可见甲状腺和消化道黏膜、肠道和其他软组织的摄取, 降低扫描质量。